

## EINWIRKENDE KRÄFTE

### Gravitationskraft



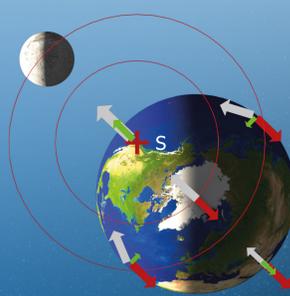
Der Mond übt auf alle Punkte der Erde eine unterschiedlich große Gravitationskraft, auch Schwerkraft oder Massenanziehung genannt, aus. Die Gravitationskraft ist proportional zum Produkt der Massen und umgekehrt proportional zum Quadrat der Entfernung von Erde und Mond. Daher ist die Anziehungskraft auf der dem Mond zugewandten Seite größer als auf der vom Mond abgewandten Seite.

### Fliehkraft



Erde und Mond bewegen sich um einen gemeinsamen **Schwerpunkt S**. Dieser liegt rund 1.000 km unter der Erdoberfläche. Die Bewegung der Erde um diesen Schwerpunkt heißt „Revolution ohne Rotation“. Alle Punkte der Erde führen diese Bewegung aus. Während eines Mondumlaufs durchlaufen alle Punkte eine Kreisbahn mit identischem Durchmesser. Die aus dieser Bewegung resultierenden **Fliehkraft (rote Pfeile)** sind an allen Punkten gleich groß und gleich orientiert.

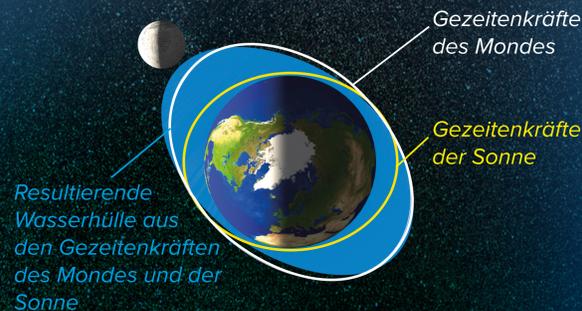
### Gezeitenkraft



Die **Gezeitenkräfte (grüne Pfeile)** ergeben sich durch vektorielle Addition von Gravitations- und **Fliehkraft (rote Pfeile)**. Die Gezeitenkräfte weisen auf der dem Mond zugewandten Seite in Richtung Mond. Auf der mondabgewandten Seite zeigen sie in entgegengesetzte Richtung. In der Summe (Integral über die gesamte Erde) heben sich Gravitations- und Fliehkraft auf. Deshalb bleibt auch der Abstand Erde – Mond konstant.

### Gezeitenkräfte von Sonne und Mond

Sonne und Mond üben auf die Erde Gezeitenkräfte aus. Die Gezeitenkraft nimmt mit der dritten Potenz des Abstandes vom Gravitationszentrum ab. Trotz der großen Masse der Sonne ist die Gezeitenkraft der Sonne aufgrund ihres großen Abstandes von der Erde daher kleiner als die des Mondes.



Berücksichtigt man den Einfluss von Sonne und Mond, so nimmt die Wasserhülle der Erde die dargestellte Form an. Sie ist abhängig von der Position von Sonne und Mond.

## TIDEN

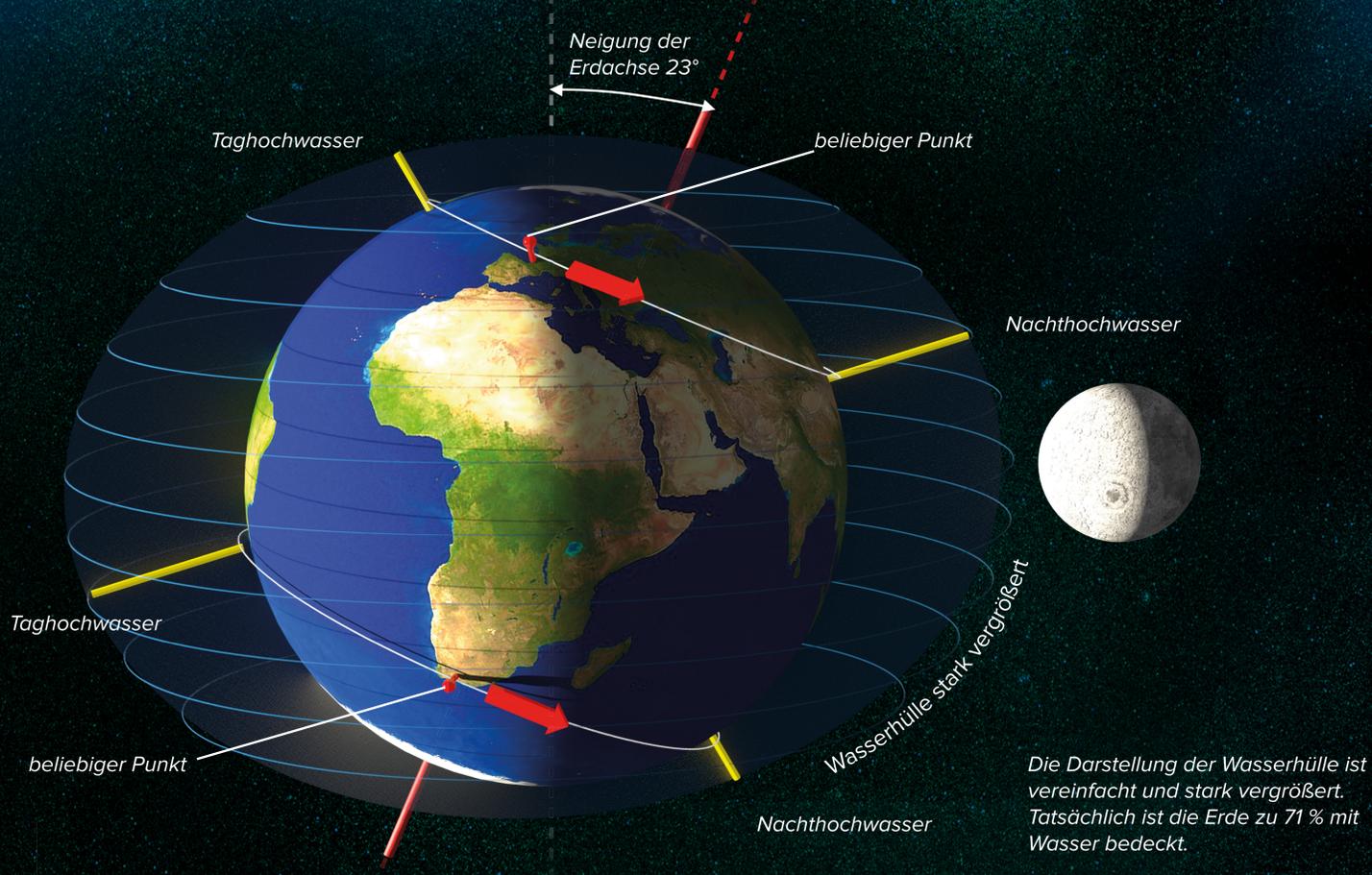
Die Eigenrotation der Erde stimmt mit der Umlaufrichtung des Mondes überein. Während einer Erdumrotation (Tag) hat sich der Mond ebenfalls ein kleines Stückchen weiterbewegt. Daher dauert es 24 h 50 min bis ein Punkt der Erde wieder in gleicher Weise dem Mond zugewandt ist. In diesem Zeitraum durchläuft jeder Punkt, abhängig von Jahreszeit und geografischer Breite, ein oder zwei Gezeiten (Tiden). In unseren Breiten treten annähernd zwei Tiden je Tag auf. Die Dauer einer Tide beträgt 12 h 25 min.

### Tidehub

Die Wasserstandsdifferenz zwischen dem Hochwasser (Thw) und dem ersten Niedrigwasser (Tnw) einer Tide wird als Tidestieg bezeichnet. Der Tidefall ist die entsprechende Differenz zwischen Thw und zweitem Tnw einer Tide. Der Tidehub berechnet sich als Mittelwert aus Tidestieg und Tidefall.

### Einfluss der Jahreszeit

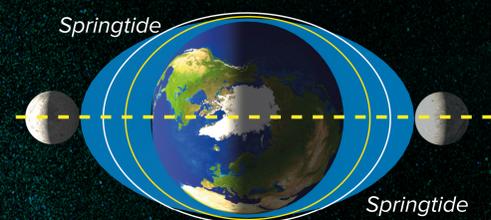
Im Nordwinter (siehe nebenstehendes Bild) ist in unseren Breiten das Taghochwasser i. d. R. niedriger als das Nachthochwasser. Dieser Unterschied wird auch als tägliche Ungleichheit der Tiden bezeichnet. Auf der Südhalbkugel bzw. im Nordsommer verhält es sich genau umgekehrt.



Die Darstellung der Wasserhülle ist vereinfacht und stark vergrößert. Tatsächlich ist die Erde zu 71 % mit Wasser bedeckt.

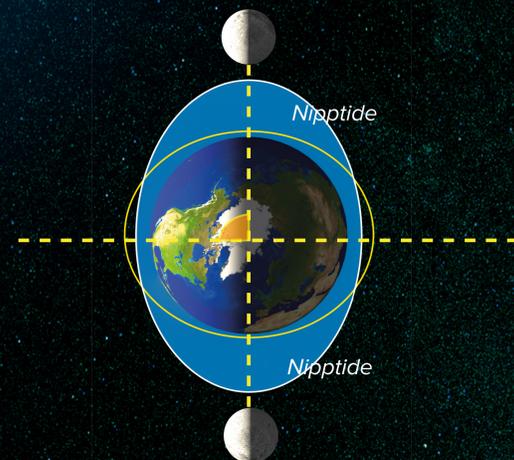
## Mitschwinggezeiten

In den offenen Ozeanen werden die Gezeiten maßgeblich von den Gezeitenkräften von Mond und Sonne geprägt. Kleine Randmeere, wie z. B. die Nordsee, sind an diese Schwingungen angekoppelt. Der direkte Einfluss der Gezeitenkräfte spielt in solchen Randmeeren nur eine untergeordnete Rolle. Daher werden diese auch als „Mitschwinggezeiten“ bezeichnet.



### Springtide

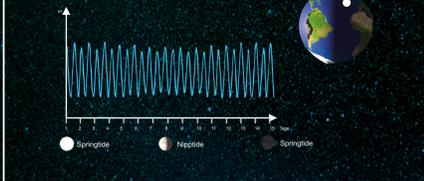
Liegen Erde, Mond und Sonne auf einer Linie, so addieren sich die Gezeitenkräfte von Sonne und Mond. Diese Konstellation tritt bei Vollmond und bei Neumond auf. Flutberge und Ebбетäler sind dann besonders stark ausgeprägt. Dies wird als Springtide bezeichnet.



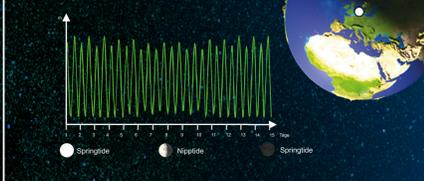
### Nipptide

Bilden Erde, Mond und Sonne einen rechten Winkel, so wirken die Gezeitenkräfte von Sonne und Mond in um 90 Grad gegeneinander versetzte Richtungen. Darum sind Flutberge und Ebбетäler bei Halbmond weniger stark ausgeprägt. Diese Tiden heißen Nipptiden.

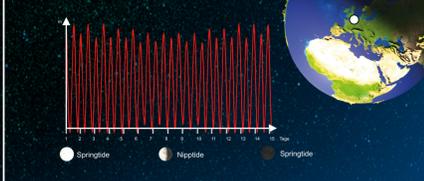
### 1. Äquatornaher Punkt im Atlantik



### 2. Nordsee



### 3. Wilhelmshaven



1. Die Gezeiten im offenen Ozean ergeben sich im Wesentlichen als Folge der Gezeitenkräfte von Mond und Sonne. Der Tidehub beträgt durchschnittlich einen halben Meter.

2. Durch die Verbindung zum Nordatlantik werden die Schwingungen des Atlantiks auf die Nordsee übertragen. Hier kann sich aufgrund verschiedener Effekte sowohl ein größerer (Reflexion, Resonanz, Wassertiefe) als auch geringerer (z. B. Amphidromie) Tidehub ergeben.

3. In angrenzenden Ästuaren (Elbe, Weser und Ems) oder Buchten pflanzt sich die Tideschwingung fort. Je nach Wassertiefe und Geometrie kann es zu einem weiteren Anstieg oder zu einer Abnahme des Tidehubs (Dissipation) kommen.